

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. Juli 2006 (06.07.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2006/069853 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*F02D 41/18* (2006.01) *F02D 41/14* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/056092

(22) Internationales Anmeldedatum:  
21. November 2005 (21.11.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 062 018.0  
23. Dezember 2004 (23.12.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WILD, Ernst [DE/DE];  
Wernerstr 20/6, 71739 Oberriexingen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

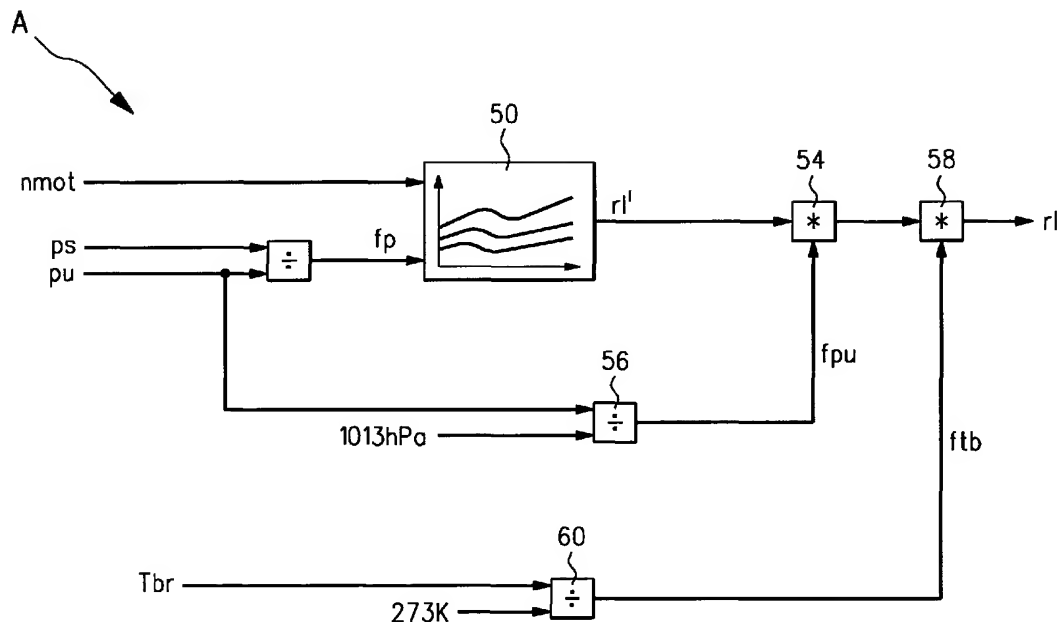
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,  
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THE OPERATION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: According to the invention, an air level (rl) in a combustion chamber is determined taking into account a pressure (ps) prevailing in a suction duct during operation of an internal combustion engine. Said air level (rl) is determined based on a model (A) which is fed a rotational speed (nmot) of a crankshaft and a ratio between the pressure (ps) prevailing in the suction duct (22) and an ambient pressure (pu) as input variables.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/069853 A1



NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Im Betrieb einer Brennkraftmaschine wird eine Luftfüllung (rl) in einem Brennraum unter Berücksichtigung eines Drucks (ps) in einem Ansaugkanal ermittelt. Es wird vorgeschlagen, dass die Luftfüllung (rl) anhand eines Modells (A) ermittelt wird, welches als Eingangsgrößen eine Drehzahl (nmot) einer Kurbelwelle und ein Verhältnis des Drucks (ps) in dem Ansaugkanal (22) zu einem Umgebungsdruck (pu) erhält.

5

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

10

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer  
15 Brennkraftmaschine, bei dem eine Luftfüllung in einem  
Brennraum unter Berücksichtigung eines Drucks in einem  
Ansaugkanal ermittelt wird. Die Erfindung betrifft ferner  
ein Computerprogramm, ein elektrisches Speichermedium für  
eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung einer  
20 Brennkraftmaschine, sowie eine Steuer- und/oder  
Regeleinrichtung einer Brennkraftmaschine.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist vom Markt her  
bekannt. Bei vielen Brennkraftmaschinen wird der Druck in  
25 einem Ansaugkanal mittels eines Drucksensors gemessen. Über  
einen linearen Zusammenhang wird aus dem gemessenen Druck  
eine Luftfüllung in den Brennräumen der Brennkraftmaschine  
berechnet. Die Kenntnis dieser Luftfüllung ist vor allem  
bei luftgeführten Systemen für die richtige Zumessung des  
30 Kraftstoffs in die Brennräume der Brennkraftmaschine  
wichtig. Eine richtige Zumessung des Kraftstoffs wiederum  
hat Auswirkungen auf den Kraftstoffverbrauch und das  
Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine. Allgemein wird  
in diesem Zusammenhang auf die DE 197 56 919 A1 verwiesen.

35

Bekannt sind ferner Viertakt-Brennkraftmaschinen mit Nockenwellenüberschneidung. Bei derartigen Brennkraftmaschinen können im Bereich des oberen Totpunkts zwischen Ausschiebetakt und Ansaugtakt die Auslassventile und Einlassventile eines Brennraums für einen gewissen Kurbelwellenbereich gleichzeitig geöffnet sein. Hierdurch kann eine interne Abgasrückführung realisiert werden, durch die unter anderem eine Reduzierung der Stickoxidemissionen erreicht werden kann. Es wurde jedoch festgestellt, dass bei derartigen Systemen mit großer Nockenwellenüberschneidung die Ermittlung der Luftfüllung im Brennraum bisher entweder komplex oder ungenau ist.

Die vorliegende Erfindung hat daher die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass auch bei Systemen mit großer Nockenwellenüberschneidung eine möglichst genaue Bestimmung der Luftfüllung auf der Basis des im Ansaugkanal herrschenden Drucks möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Luftfüllung anhand eines Modells ermittelt wird, welches als Eingangsgrößen eine Drehzahl einer Kurbelwelle und ein Verhältnis des Drucks in dem Ansaugkanal zu einem Umgebungsdruck erhält. Bei einem Computerprogramm, einem elektrischen Speichermedium und einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung einer Brennkraftmaschine wird die gestellte Aufgabe entsprechend gelöst.

#### Vorteile der Erfindung

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass bei Systemen mit großer Nockenwellenüberschneidung ein nicht linearer Zusammenhang zwischen der in einem Brennraum vorhandenen Luftfüllung und

dem im Ansaugkanal herrschenden Luftdruck besteht. Ferner wurde erkannt, dass dieser nicht lineare Zusammenhang im Wesentlichen eine Funktion des Verhältnisses zwischen dem im Ansaugkanal herrschenden Luftdruck und dem Umgebungsdruck ist. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird dieses Verhältnis daher zusätzlich für die Ermittlung der im Brennraum vorhandenen Luftfüllung verwendet. Diese kann daher auch bei Systemen mit großer Nockenwellenüberschneidung mit hoher Präzision bestimmt werden, was wiederum vor allem dann, wenn die Brennkraftmaschine luftgeführt arbeitet, eine präzise Einstellung eines gewünschten Kraftstoff-Luft-Gemisches im Brennraum gestattet. Letztlich werden durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen sowohl der Kraftstoffverbrauch als auch das Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine verbessert.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das Modell als Eingangsgröße zusätzlich eine Temperatur der im Brennraum vorhandenen Luft erhält. Hierdurch werden Fehler aufgrund einer veränderten Luftdichte verhindert oder zumindest verringert und die Präzision bei der Ermittlung der Luftfüllung nochmals verbessert.

In Weiterbildung hierzu kann angenommen werden, dass die Temperatur der im Brennraum vorhandenen Luft gleich einer erfassten Temperatur der Luft im Ansaugkanal ist. Hierdurch wird der Rechenaufwand verringert, ohne dass die Präzision bei der Ermittlung der Luftfüllung deutlich verschlechtert wird.

Alternativ hierzu kann die Temperatur der im Brennraum vorhandenen Luft auch anhand eines Modells ermittelt werden, welches als Eingangsgrößen eine erfasste Temperatur

der Luft im Ansaugkanal und mindestens eine weitere erfasste Temperatur der Brennkraftmaschine, insbesondere eine Kühlwassertemperatur, eine Abgastemperatur und/oder eine Zylinderkopftemperatur, erhält. Diese  
5 Verfahrensvariante erhöht die Präzision, ohne dass zusätzliche Sensoren erforderlich sind.

Möglich ist ferner, dass der Umgebungsdruck anhand der Differenz zwischen einem erfassten und einem modellierten  
10 Druck in dem Ansaugkanal ermittelt wird. Auf diese Weise kann ein separater Sensor zur Erfassung des Umgebungsdrucks entfallen, was Kosten spart.

Dabei wird die Präzision bei der Ermittlung des  
15 Umgebungsdrucks dadurch erhöht, dass die Ermittlung nur durchgeführt wird, wenn die Drosselklappenöffnung oder eine äquivalente Größe einen Grenzwert erreicht und/oder überschreitet. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass sich der Umgebungsdruck nur sehr langsam ändert, eine  
20 kontinuierliche Ermittlung also nicht erforderlich ist. Wenn die Drosselklappe jedoch vergleichsweise weit oder vollständig geöffnet ist, kann der Umgebungsdruck durch eine Integration über die oben genannte Differenz mit vergleichsweise hoher Präzision ermittelt werden.

25 In Weiterbildung hierzu wiederum kann der modellierte Druck in dem Ansaugkanal anhand eines Modells ermittelt werden, welches als Eingangsgröße eine Differenz zwischen einer in den Ansaugkanal einströmenden Luftmasse und einer aus dem  
30 Ansaugkanal in den Brennraum strömenden Luftmasse erhält. Durch diese einfache Mengengleichung kann der Druck im Ansaugkanal sehr einfach und ebenfalls mit hoher Präzision modelliert werden, so dass auf einen entsprechenden Drucksensor gegebenenfalls verzichtet werden kann.

Dabei kann wiederum die aus dem Ansaugkanal in den Brennraum strömende Luftmasse anhand eines Modells ermittelt werden, welches als Eingangsgröße eine Stellung einer Drosselklappe erhält. Die Stellung der Drosselklappe wird bei üblichen geregelten Drosselklappen ohnehin erfasst, so dass hierdurch keine zusätzlichen Kosten entstehen.

1. Um Fertigungstoleranzen und/oder Verschleißerscheinungen an der Drosselklappe bei der Ermittlung der in den Brennraum strömenden Luftmasse berücksichtigen zu können, ist es vorteilhaft, wenn das entsprechende Modell zusätzlich eine Korrekturgröße einer Drosselklappenkennlinie erhält, die aus der Differenz zwischen modelliertem und erfasstem Druck im Ansaugkanal ermittelt wird. Auch dies dient zur Steigerung der Präzision bei der Bestimmung der in den Brennraum gelangenden Luftmasse. Dabei wird die Korrekturgröße vorteilhafterweise nur ermittelt, wenn die Drosselklappenöffnung oder eine äquivalente Größe kleiner als ein Grenzwert ist und/oder diesen erreicht.

Mit besonders wenig Speicherplatz, einem Minimum an Sensoraufwand und wenig Rechenzeit können die oben genannten Verfahren dann realisiert werden, wenn mindestens eines der Modelle eine Kennlinie und/oder ein Kennfeld umfasst.

Zeichnungen

Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine;

Figur 2 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln einer Luftfüllung;

Figur 3 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln eines Umgebungsdrucks und eines Offsets einer Drosselklappenkennlinie;

Figur 4 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln eines modellierten Drucks in einem Ansaugkanal der Brennkraftmaschine von Figur 1;

Figur 5 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Ermitteln einer aus dem Ansaugkanal in den Brennraum strömenden Luftmasse; und

Figur 6 ein Flussdiagramm, welches das Zusammenwirken der in den Figuren 2 - 5 gezeigten Verfahren darstellt.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Eine Brennkraftmaschine trägt in Figur 1 insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst mehrere Zylinder, von denen aus Gründen der Übersichtlichkeit in Figur 1 nur einer mit dem Bezugszeichen 12 gezeigt ist. Der entsprechende Brennraum trägt das Bezugszeichen 14. Kraftstoff wird in den Brennraum 14 direkt mittels eines Kraftstoffinjektors 16 eingespritzt, der an ein Kraftstoffsystem 18 angeschlossen ist. Luft gelangt in den Brennraum 14 über ein Einlassventil 20 und einen Ansaugkanal 22, in dem eine Drosselklappe 24 angeordnet ist. Diese wird von einem Stellmotor 26 verstellt, ihre aktuelle Stellung wird von



einem Drosselklappensensor 28 erfasst. Der im Ansaugkanal 22 herrschende Luftdruck wird von einem Drucksensor 30, die entsprechende Temperatur von einem mit diesem kombinierten Temperatursensor 32 erfasst. Der Drucksensor 30 sitzt  
5 stromabwärts von der Drosselklappe 24 und misst den Druck vor dem Einlassventil 20. Wie weiter unten noch erläutert werden wird, herrscht dann, wenn das Einlassventil 20 schließt, Druckgleichheit zwischen Ansaugkanal 22 und Brennraum 14. Deswegen kann in diesem Fall mit dem Druck im  
10 Ansaugkanal 22 die Luftfüllung im Brennraum 14 ermittelt werden.

Ein im Brennraum 14 vorhandenes Kraftstoff-Luft-Gemisch wird von einer Zündkerze 34 entzündet, die mit einem  
15 Zündsystem 36 verbunden ist. Heiße Verbrennungsabgase werden aus dem Brennraum 14 über ein Auslassventil 38 und ein Abgasrohr 40 abgeleitet.

Die in Figur 1 gezeigte Brennkraftmaschine 10 ist in ein  
20 nicht dargestelltes Kraftfahrzeug eingebaut. Ein Leistungswunsch des Fahrers des Kraftfahrzeugs wird durch die Stellung des Gaspedals 42 zum Ausdruck gebracht. Die Drehzahl einer Kurbelwelle 44 der Brennkraftmaschine 10 wird von einem Drehzahlsensor 46 abgegriffen. Der Betrieb  
25 der Brennkraftmaschine 10 wird von einer Steuer- und Regeleinrichtung 48 gesteuert beziehungsweise geregelt. Diese erhält Eingangssignale von den Sensoren 28, 30, 32, 42 und 46 und steuert unter anderem die Stelleinrichtung 26, den Injektor 16 sowie das Zündsystem 36 an.

30 Die in Figur 1 gezeigte Brennkraftmaschine 10 wird nach dem 4-Takt-Prinzip betrieben. Dabei ist eine Ventilüberschneidung des Einlassventils 20 und des Auslassventils 38 möglich. Diese bedeutet, dass im Bereich  
35 des oberen Totpunktes zwischen einem Ausschiebetakt und

einem Ansaugtakt gleichzeitig beide Ventile 20 und 38 geöffnet sein können. Hierdurch kann eine interne Abgasrückführung realisiert werden. Für den Betrieb der Brennkraftmaschine 10 ist es wichtig, möglichst exakt feststellen zu können, welche Luftfüllung sich im Brennraum 14 befindet. Hierzu ist auf einem Speicher der Steuer- und Regeleinrichtung 48 ein Computerprogramm abgelegt, welches zur Steuerung eines Verfahrens dient, das nun unter Bezugnahme auf die Figuren 2 - 6 näher erläutert wird.

In Figur 2 ist gezeigt, wie man die im Brennraum 14 der Brennkraftmaschine 10 vorhandene Luftfüllung mittels eines Teilverfahrens A erhält: Danach werden in ein Kennfeld 50 die vom Drehzahlsensor 46 bereitgestellte Drehzahl  $n_{mot}$  und ein Druckverhältnis  $f_p$  eingespeist. Das Druckverhältnis  $f_p$  wird durch Division im Block 52 des vom Drucksensor 30 bereitgestellten Drucks  $p_s$  im Ansaugkanal 22 durch einen Umgebungsdruck  $p_u$  erhalten. Die Bereitstellung des Umgebungsdrucks  $p_u$  wird weiter unten im Detail erläutert. Das Kennfeld 50 liefert einen Wert  $rl'$ . Im Rahmen einer Dichtekorrektur wird dieser in 54 mit einem Faktor  $f_{pu}$  multipliziert, der durch Division im Block 56 des Umgebungsdrucks  $p_u$  durch den Normdruck von 1.013 hPa gewonnen wird.

Analog hierzu erfolgt in 58 eine Multiplikation mit einem Faktor  $f_{tb}$ , der in 60 durch Division einer Temperatur  $T_{br}$  durch die Standardtemperatur von 273 K gewonnen wird. Bei der Temperatur  $T_{br}$  handelt es sich um die Gastemperatur im Brennraum 14 zu einem Zeitpunkt, zu dem das Einlassventil 20 schließt. Im einfachsten Fall wird die Temperatur  $T_{br}$  einfach der vom Temperatursensor 32 erfassten Temperatur gleichgesetzt. Alternativ kann die Temperatur  $T_{br}$  aber auch unter Berücksichtigung einer weiteren erfassten Temperatur, beispielsweise einer Kühlwassertemperatur, einer

Abgastemperatur und/oder einer Zylinderkopftemperatur, erhalten werden.

Der in Figur 2 als Eingangsgröße verwendete Umgebungsdruck  $p_u$  wird vorliegend nicht gemessen, sondern modelliert (vgl. Figur 3, Verfahren B). Aus dieser ist ersichtlich, dass in 62 zunächst die Differenz zwischen dem vom Drucksensor 30 erfassten Druck  $p_s$  im Ansaugkanal 22 und einem modellierten Druck  $p_{smod}$  gebildet wird. Die Bereitstellung des modellierten Drucks  $p_{smod}$  wird weiter unten näher erläutert werden. Die sich in 62 ergebende Druckdifferenz  $dp$  kann über einen ersten Schwellwertschalter 64 einem ersten Integrator 66 zugeführt werden, durch den der Umgebungsdruck  $p_u$  gelernt wird. Die Druckdifferenz  $dp$  kann über einen zweiten Schwellwertschalter 68 einem zweiten Integrator 70 zugeführt werden, durch den ein Offset  $ofmsndk$  gelernt werden kann. Die Stellungen der beiden Schwellwertschalter 64 und 68 hängen von einem Luftmassenstrom  $msdk$  ab, der über die Drosselklappe 24 hinwegströmt und der wiederum von der Stellung der Drosselklappe 24 abhängt. Ist der Wert  $msdk$  kleiner als oder gleich wie eine Grenze beziehungsweise ein Schwellwert  $S$ , wird die Druckdifferenz  $dp$  dem zweiten Integrator 70 zugeführt, ist der Wert  $msdk$  dagegen größer als der Schwellwert  $S$ , wird die Druckdifferenz  $dp$  dem ersten Integrator 66 zugeführt.

In Figur 4 ist gezeigt, wie man den für die Druckdifferenz  $dp$  in Figur 3 benötigten modellierten Druck  $p_{smod}$  im Ansaugkanal 22 erhält (Verfahren C): In 72 wird die Differenz aus einer in den Ansaugkanal 22 einströmenden Luftmasse  $rldkroh$  und einer aus dem Ansaugkanal 22 in den Brennraum 14 einströmenden Luftmasse  $rldk$  gebildet. Die Bestimmung der Luftmasse  $rldkroh$  wird weiter unten näher erläutert werden. Der Wert  $rldk$  wird anhand des bereits

oben in Zusammenhang mit Figur 2 erläuterten Verfahrens gewonnen, wobei dort der Divisor 52 anstelle des erfassten Drucks  $p_s$  mit dem in einem zeitlich vorher liegenden Schritt modellierten Druck  $p_{smod}$  adressiert wird. Die in 72 erhaltene Differenz  $drl$  wird in 74 mit einem Hubvolumen  $V_h$  des Zylinders 12 und einer Normdichte  $p_0$  multipliziert. Hierdurch erhält man aus dem relativen Wert  $drl$  eine absolute Masse, die in 76 aufsummiert wird. Das Ergebnis wird in 78 mit der Gaskonstanten  $R$  und der bereits oben genannten Temperatur  $T_{br}$  multipliziert und durch ein Volumen  $V_s$  des Ansaugkanals 22 dividiert. Das Ergebnis ist ein modellierter Druck  $p_{smod}$  im Ansaugkanal 22.

Nun wird erläutert, wie der in Figur 4 zur Adressierung des Differenzbildners 72 benötigte Wert  $rldkroh$  erhalten wird (vergleiche Figur 5, Verfahren D). Ein Kennfeld 80 wird zum einen mit einem Winkel  $wdkba$  adressiert, der durch den Drosselklappensensor 28 erfasst wird. Zum anderen wird dieses Kennfeld 80 mit einem Faktor  $r_{pmod}$  adressiert, der in einem Divisor 82 gewonnen wird, der wiederum mit dem modellierten Druck  $p_{smod}$  im Ansaugkanal 22 und dem Umgebungsdruck  $p_u$  adressiert ist. Die Drosselklappenstellung  $wdkba$  ist ein Maß für den Öffnungsquerschnitt, und das Druckverhältnis  $r_{pmod}$  ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit.

Der Ausgang des Kennfelds 80 wird in 84 mit dem Offset  $ofmsndk$  für die Stellung der Drosselklappe 24 verknüpft, der gemäß dem bereits in Zusammenhang mit Figur 3 erläuterten Verfahren B bestimmt wurde. Die hierdurch erhaltene Ausgangsgröße gilt jedoch nur für die Normdichte der Luft. Den Zufluss  $rlrohd_k$  bei der aktuellen Luftdichte erhält man durch die Multiplikationen in 86 und 88 mit dem bereits aus Figur 2 bekannten Faktor  $f_{pu}$  und einem Faktor  $f_{tu}$ . Letzteren erhält man aus der Wurzel des Quotienten aus

der Normtemperatur von 273 K und einer Temperatur  $T_{vdk}$ . Bei letzterer wiederum handelt es sich um die Temperatur stromaufwärts von der Drosselklappe 24, die vereinfachend mit der vom Temperatursensor 32 erfassten Temperatur  
5 gleichgesetzt werden kann.

Die Verknüpfung der in Zusammenhang mit den Figuren 2 - 5 erläuterten Einzelverfahren A - D ist nochmals insgesamt aus Figur 6 ersichtlich. Man sieht, dass man die im  
10 Brennraum 14 vorhandene Luftfüllung  $r_l$  letztlich nur mit den Eingangsgrößen  $n_{mot}$  (Drehzahlsensor 46),  $p_s$  (Drucksensor 30),  $w_{dkba}$  (Drosselklappensensor 28) und  $T_{vdk}$  (Temperatursensor 32) erhält. Dabei wird vor allem durch die Berücksichtigung des Verhältnisses zwischen dem im  
15 Ansaugkanal 22 herrschenden Druck  $p_s$  und dem Umgebungsdruck  $p_u$  im Verfahrensblock A auch bei Systemen mit großer Nockenwellen- beziehungsweise Ventilüberschneidung eine zuverlässige Ermittlung der Luftfüllung  $r_l$  ermöglicht.

20 Die physikalische Grundlage hierfür ist, dass bei einer Ventilüberschneidung Abgas aus dem Abgasrohr 40 durch den Brennraum 14 hindurch in den Ansaugkanal 22 zurückfließt. Diese Rückflussgeschwindigkeit ist abhängig vom Verhältnis zwischen Druck im Ansaugkanal 22 und Druck im Abgasrohr 40,  
25 und von der Ventilüberschneidungszeit. Dies wird durch das Kennfeld 50 im Verfahrensblock A berücksichtigt. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass der Druck im Abgasrohr 40 durch den Umgebungsdruck angenähert werden kann. Die Ventilüberschneidungszeit wiederum ist abhängig von der  
30 Drehzahl  $n_{mot}$  und dem Druck  $p_s$ .

5

## 10 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), bei dem eine Luftfüllung (rl) in einem Brennraum (14) unter Berücksichtigung eines Drucks (ps) in einem Ansaugkanal  
15 (22) ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftfüllung (rl) anhand eines Modells (A) ermittelt wird, welches als Eingangsgrößen eine Drehzahl (nmot) einer Kurbelwelle (44) und ein Verhältnis des Drucks (ps) in dem Ansaugkanal (22) zu einem Umgebungsdruck (pu) erhält.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Modell (A) als Eingangsgröße zusätzlich eine Temperatur (Tbr) der im Brennraum (14) vorhandenen Luft erhält.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
25 dass angenommen wird, dass die Temperatur (Tbr) der im Brennraum (14) vorhandenen Luft gleich einer erfassten Temperatur der Luft im Ansaugkanal (22) ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der im Brennraum vorhandenen Luft  
30 anhand eines Modells ermittelt wird, welches als Eingangsgrößen eine erfasste Temperatur der Luft im Ansaugkanal und mindestens eine weitere erfasste Temperatur der Brennkraftmaschine, insbesondere eine

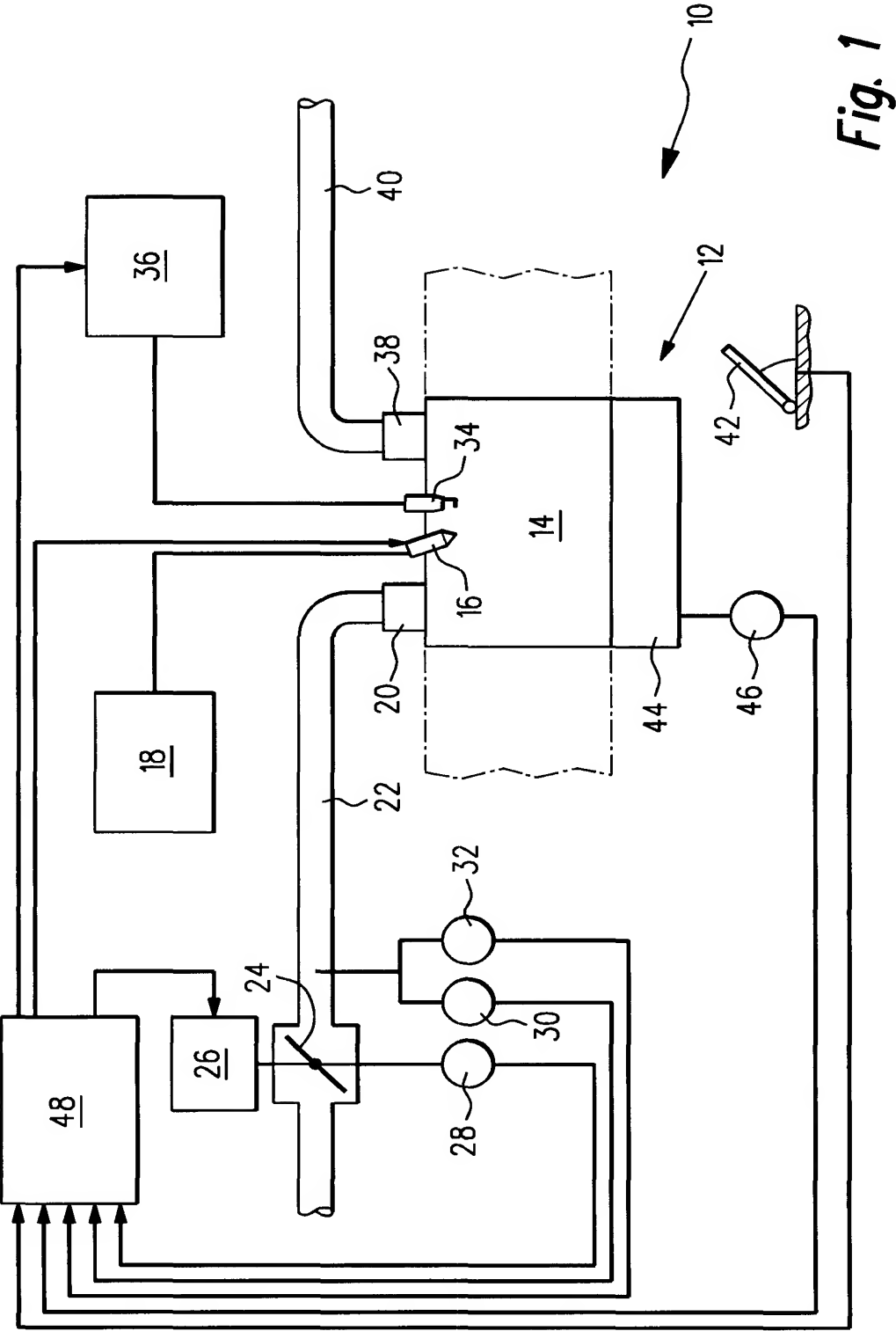
Kühlwassertemperatur, eine Abgastemperatur, und/oder eine Zylinderkopftemperatur, erhält.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Umgebungsdruck ( $p_u$ ) anhand  
5 eines Modells (B) ermittelt wird, welches als Eingangsgrößen eine Differenz ( $dp$ ) zwischen einem erfassten ( $p_s$ ) und einem modellierten Druck ( $p_{smod}$ ) in dem Ansaugkanal (22) erhält.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass der Umgebungsdruck ( $p_u$ ) nur ermittelt wird, wenn die Drosselklappenöffnung oder eine äquivalente Größe ( $msdk$ ) einen Grenzwert ( $S$ ) erreicht und/oder überschreitet.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der modellierte Druck ( $p_{smod}$ ) in dem  
15 Ansaugkanal (22) anhand eines Modells (C) ermittelt wird, welches als Eingangsgröße eine Differenz ( $drl$ ) zwischen einer in den Ansaugkanal (22) einströmenden Luftmasse ( $rldk$ ) und einer aus dem Ansaugkanal (22) in den Brennraum (14) strömenden Luftmasse ( $rldkroh$ ) erhält.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die aus dem Ansaugkanal (22) in den Brennraum (14) strömende Luftmasse ( $rldkroh$ ) anhand eines Modells (D) ermittelt wird, welches als Eingangsgröße eine Stellung ( $wdkba$ ) einer Drosselklappe (24) erhält.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,  
25 dass das Modell (D) zusätzlich eine Korrekturgröße ( $ofmsndk$ ) einer Drosselklappenkennlinie erhält, die aus der Differenz ( $dp$ ) zwischen modelliertem ( $p_{smod}$ ) und erfasstem Druck ( $p_s$ ) im Ansaugkanal (22) ermittelt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass die Korrekturgröße ( $ofmsndk$ ) nur ermittelt wird, wenn

die Drosselklappenöffnung oder eine äquivalente Größe (msdk) kleiner als ein Grenzwert (S) ist und/oder diesen erreicht.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 dass mindestens ein Modell (A, D) eine Kennlinie und/oder ein Kennfeld (50, 80) umfasst.
12. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche programmiert ist.
- 10 13. Elektrisches Speichermedium für eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung (48) einer Brennkraftmaschine (10), dadurch gekennzeichnet, dass auf ihm ein Computerprogramm zur Anwendung in einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 11 abgespeichert ist.
- 15 14. Steuer- und/oder Regeleinrichtung (48) für eine Brennkraftmaschine (10), dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 programmiert ist.





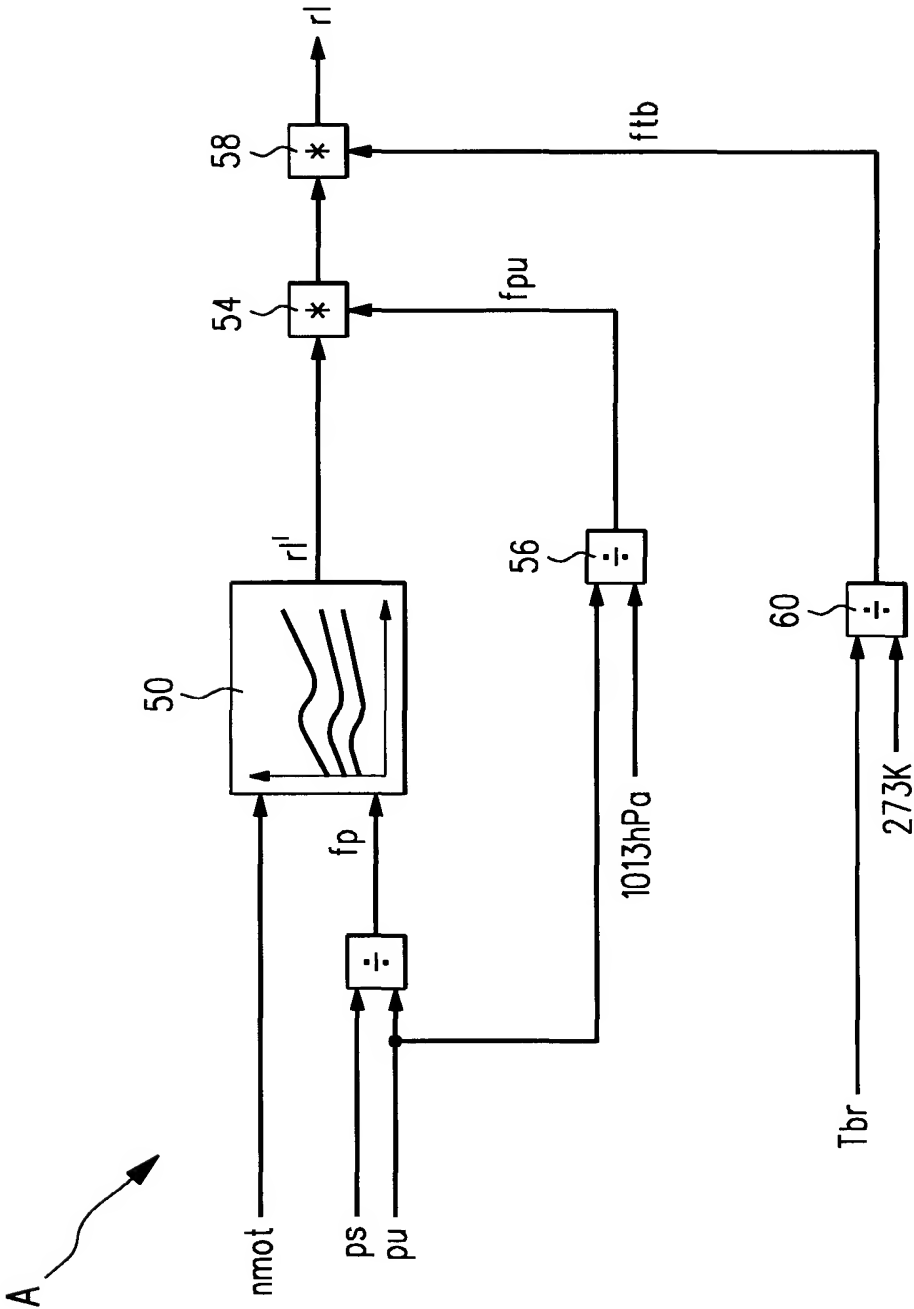


Fig. 2

3 / 6

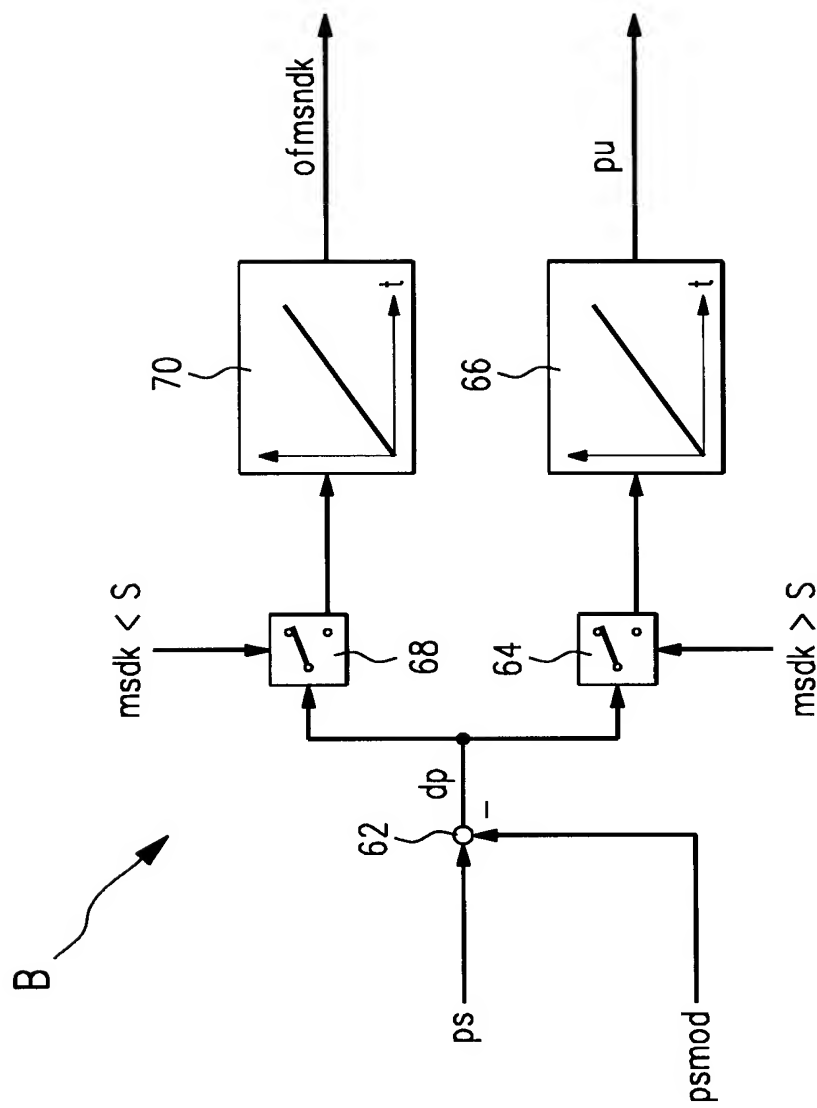


Fig. 3

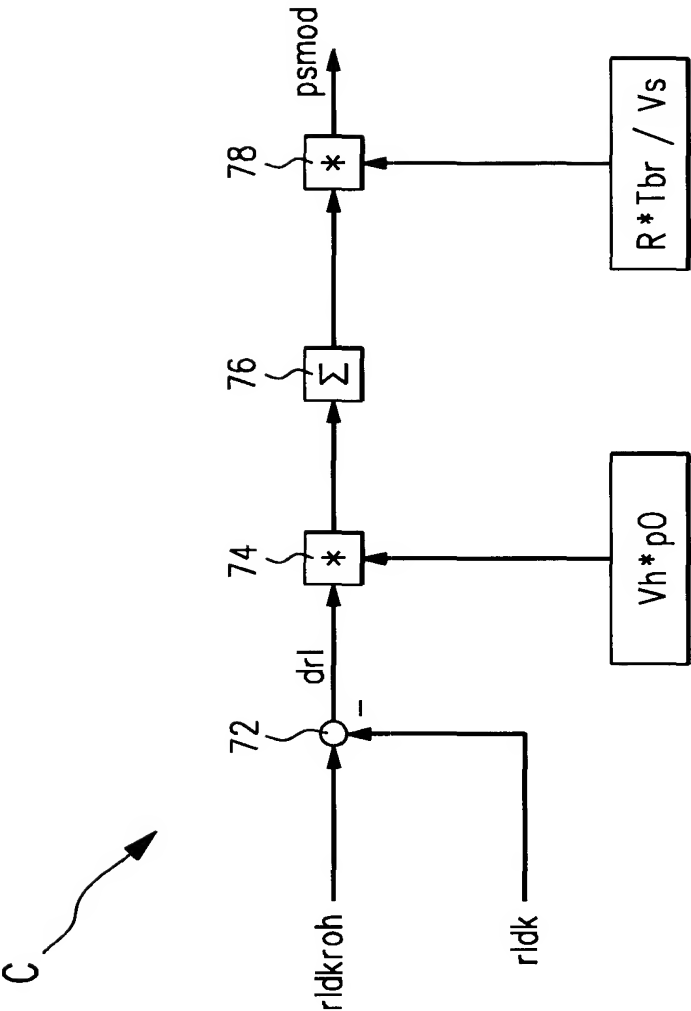


Fig. 4

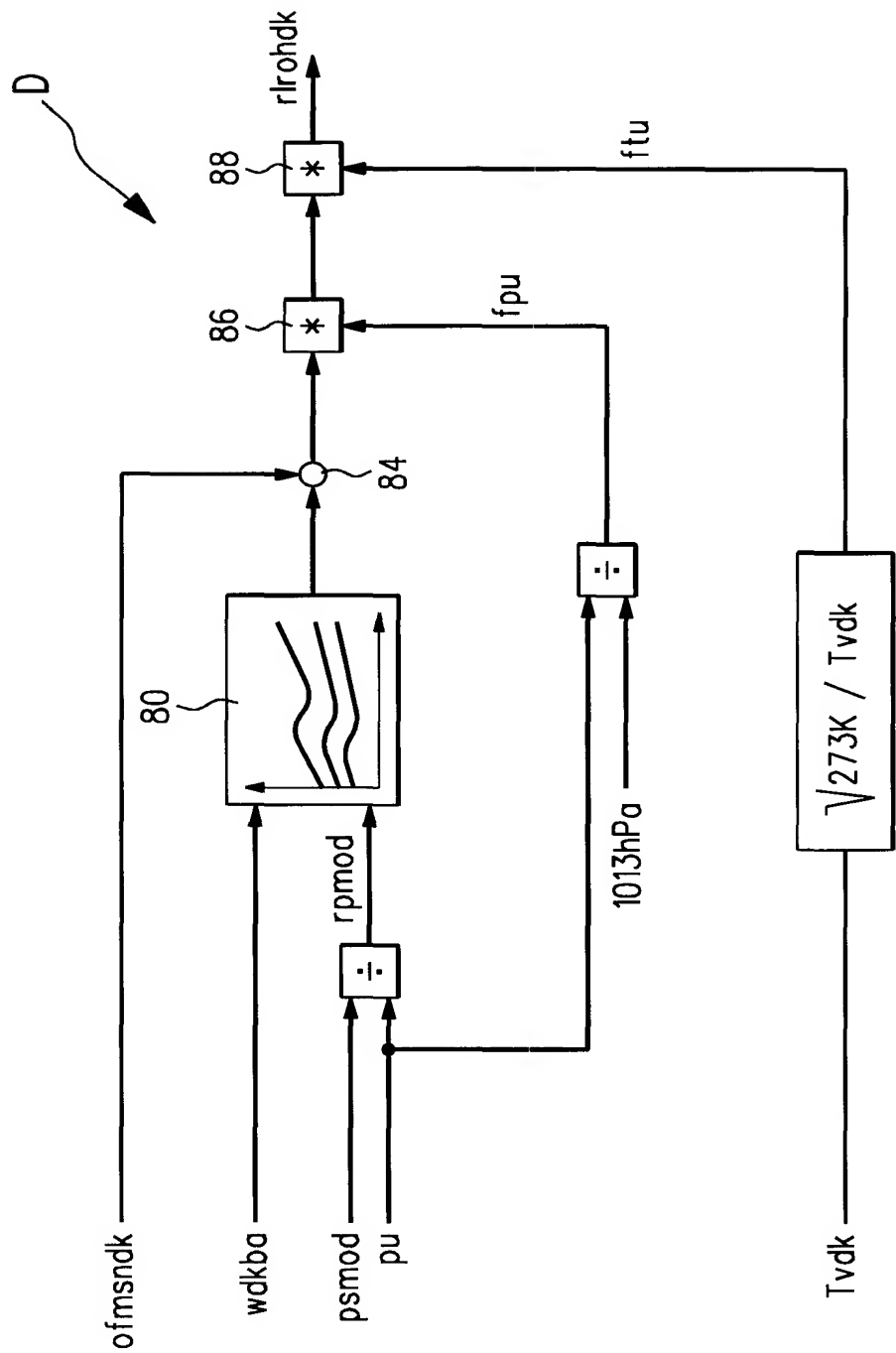


Fig. 5

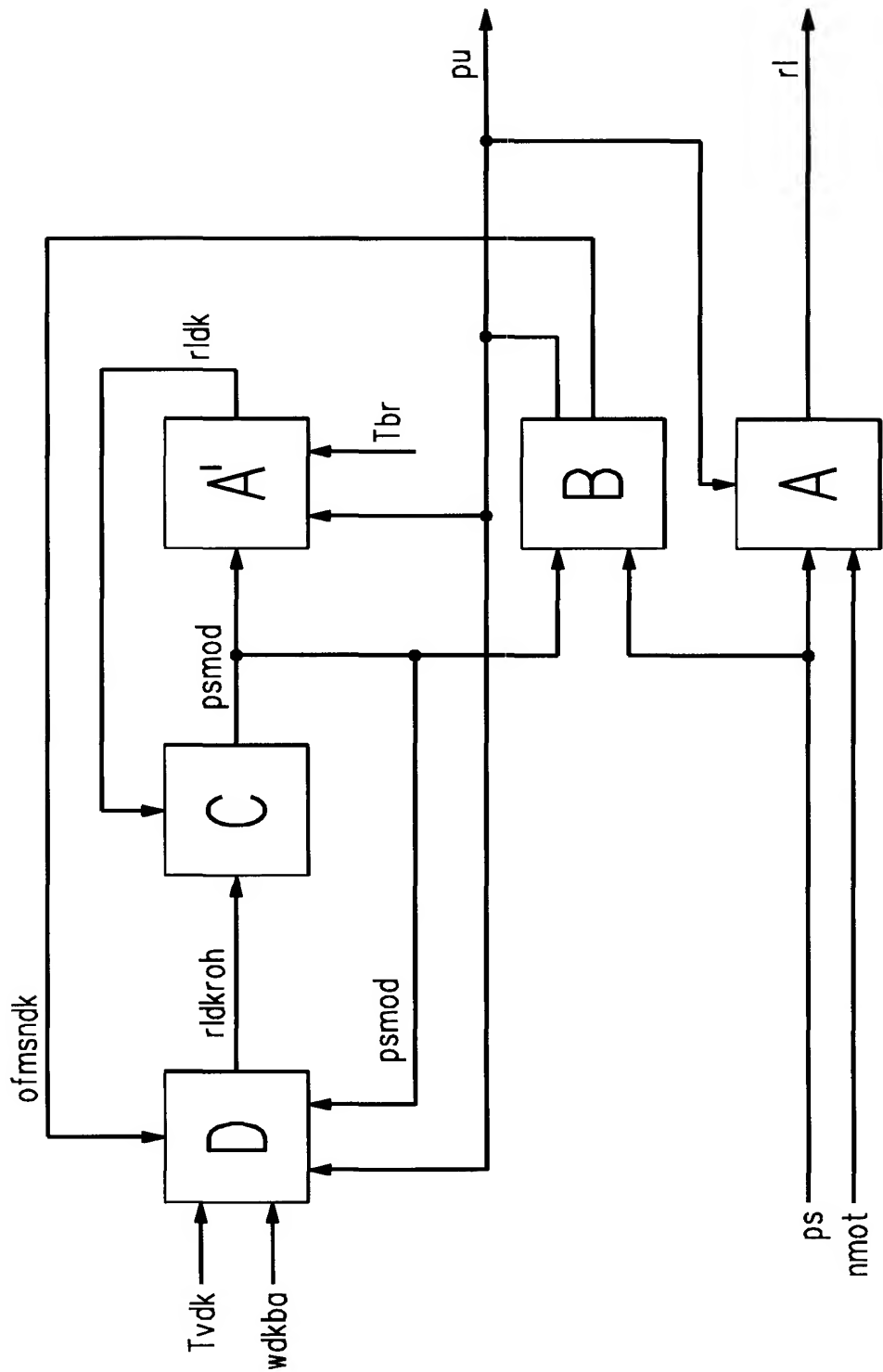


Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2005/056092

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D41/18 F02D41/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 999 781 A (HOLL ET AL) 12 March 1991 (1991-03-12) column 3, line 4 - line 26 column 3, line 66 - column 4, line 68 column 1, line 67 - column 2, line 19 -----	1,11-14
X	DE 44 22 184 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG, 80809 MUENCHEN, DE; BAYERISCHE MOTOREN WE) 4 January 1996 (1996-01-04) column 2, line 42 - column 3, line 53; figures 1-4 -----	1-3, 11-14
A	DE 198 44 637 C1 (SIEMENS AG) 14 October 1999 (1999-10-14) page 3, line 37 - page 5, line 40 ----- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 February 2006

Date of mailing of the international search report

14/02/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pileri, P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2005/056092

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 247 967 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT) 9 October 2002 (2002-10-09) paragraphs '0015! - '0022! -----	1
A	US 6 366 847 B1 (SUN JING ET AL) 2 April 2002 (2002-04-02) column 3, line 23 - line 41 column 4, line 31 - line 58 -----	1,5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2005/056092

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 4999781	A	12-03-1991	NONE		
DE 4422184	A1	04-01-1996	NONE		
DE 19844637	C1	14-10-1999	W0	0019078 A1	06-04-2000
EP 1247967	A	09-10-2002	DE	10116932 A1	10-10-2002
US 6366847	B1	02-04-2002	DE	10140970 A1	28-03-2002
			GB	2370644 A	03-07-2002

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/056092

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
F02D41/18 F02D41/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 999 781 A (HOLL ET AL) 12. März 1991 (1991-03-12) Spalte 3, Zeile 4 - Zeile 26 Spalte 3, Zeile 66 - Spalte 4, Zeile 68 Spalte 1, Zeile 67 - Spalte 2, Zeile 19 -----	1, 11-14
X	DE 44 22 184 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG, 80809 MUENCHEN, DE; BAYERISCHE MOTOREN WE) 4. Januar 1996 (1996-01-04) Spalte 2, Zeile 42 - Spalte 3, Zeile 53; Abbildungen 1-4 -----	1-3, 11-14
A	DE 198 44 637 C1 (SIEMENS AG) 14. Oktober 1999 (1999-10-14) Seite 3, Zeile 37 - Seite 5, Zeile 40 ----- -/--	1

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Februar 2006

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/02/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pileri, P

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 247 967 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT) 9. Oktober 2002 (2002-10-09) Absätze '0015! - '0022! -----	1
A	US 6 366 847 B1 (SUN JING ET AL) 2. April 2002 (2002-04-02) Spalte 3, Zeile 23 - Zeile 41 Spalte 4, Zeile 31 - Zeile 58 -----	1,5

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/056092

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4999781	A	12-03-1991	KEINE		
DE 4422184	A1	04-01-1996	KEINE		
DE 19844637	C1	14-10-1999	W0	0019078 A1	06-04-2000
EP 1247967	A	09-10-2002	DE	10116932 A1	10-10-2002
US 6366847	B1	02-04-2002	DE	10140970 A1	28-03-2002
			GB	2370644 A	03-07-2002